

COLOR SPACE CONVERTING APPARATUS
AND METHOD OF COLOR SPACE CONVERSION

FIELD OF THE INVENTION

5 本発明は、一の色空間に基づく色彩値を他の色空間に基づく色彩値に変換する
画像処理技術に関する。

BACKGROUND OF THE INVENTION

10 装置の色再現特性に依存する機器依存色空間を変換する場合、例えば、第1の
機器依存色空間の色彩値を第2の機器依存色空間の色彩値に変換する場合、変換
前の色空間と変換後の色空間において色再現が一致するように装置に依存しない
機器独立色空間を介した色彩値のカラーマッチングが行われている。

15 色彩値の色空間を変換する際には、一般的に、マトリクスを用いた演算が実行
されており、例えば、色彩値の色空間を第1の色空間から機器独立色空間へ変換
する場合には、第1のマトリクスが用いられ、色彩値の色空間を第2の色空間か
ら機器独立色空間へ変換する場合には、第2のマトリクスが用いられる。そして
20 、色彩値の色空間を第1の色空間から第2の色空間へと変換する際には、変換処
理を高速化するために、第1のマトリクスと第2のマトリクスとに基づいて予め
求められた第3のマトリクスを用いて、色彩値の色空間の変換処理が実行される
。

しかしながら、第1および第2のマトリクスから求められる第3のマトリクス
の有効桁数を丸めることなく、多くの有効桁数を保持した場合には、色空間の変
換処理に要する時間が長くなるという問題がある。

25 一方、変換処理の高速化を図るために、第3のマトリクスの有効桁数を丸めた
場合には、機器独立色空間において第1および第2の色空間における白色点のデ
ータが一致しても、第3のマトリクスを用いて第1の色空間に基づく白色点の色
彩値を変換して得られた第2の色空間に基づく色彩値が第2の色空間に基づく白
色点の色彩値と一致しない、すなわち、色空間変換精度が劣るという問題がある
。一般的に、人間の色覚は、白色点を含む無彩色領域において敏感であるため、

わずかな色彩値のずれも目についてしまい、正しい色再現を実現することができないこととなる。

また、第1の色空間における白色点のデータと第2の色空間における白色点のデータが機器独立色空間において元々一致しない場合には、第3のマトリクスを用いた変換処理精度を上げて第1の色空間における白色点と第2の色空間における白色点が一致せず、ユーザを満足させる色空間の変換処理を実行することができないという問題があった。

SUMMARY OF THE INVENTION

本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、変換元の色空間における白色点と変換先の色空間における白色点とが一致する場合に、色空間変換精度を向上させると共に色彩値の色空間変換処理を高速に行うことを目的とする。また、変換元の色空間における白色点と変換先の色空間における白色点とが異なる場合に、白色点の不一致による影響を排除して色彩値の色空間変換処理を行うことを目的とする。

上記課題を解決するために本発明の第1の態様は、第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値へ変換する色空間変換装置を提供する。本発明の第1の態様に係る色空間変換装置は、前記第1の色空間の白色点の色彩値を前記第2の色空間に変換して得られた変換後の色彩値と、前記第2の色空間の白色点の色彩値との偏差を反映して、前記第1の色空間の色彩値を前記第2の色空間の色彩値へ変換する第1の色空間変換機構を備えることを特徴とする。

本発明の第1の態様に係る色空間変換装置において、

前記第1の色空間変換機構は、

前記第1の色空間の白色点の色彩値を前記第2の色空間に変換して得られた変換後の色彩値と、前記第2の色空間の白色点の色彩値とを一致させる特性を有する、前記第1の色空間および第2の色空間の組み合わせ毎に用意されている複数の色変換テーブルと、

前記第1の色空間および第2の色空間の組み合わせに基づいて、前記複数の色変換テーブルから1つの色変換テーブルを選択する選択手段と、

前記選択された色変換テーブルを用いて前記第1の色空間の色彩値を前記第2の色空間の色彩値に変換する第2の色空間変換手段とを備えても良い。

本発明の第1の態様に係る色空間変換装置において、

前記第1の色空間変換機構は、

前記第1の色空間の白色点の色彩値を前記第2の色空間に変換して得られた変換後の色彩値と、前記第2の色空間の白色点の色彩値とを一致させる特性を有する、前記第1の色空間および第2の色空間の組み合わせ毎に用意されている複数の色変換マトリクスと、

前記第1の色空間および第2の色空間の組み合わせに基づいて、前記複数の色変換マトリクスから1つの色変換マトリクスを選択する選択手段と、

前記選択された色変換マトリクスを用いて前記第1の色空間の色彩値を前記第2の色空間の色彩値に変換するマトリクス演算を実行する第3の色空間変換手段とを備えても良い。

また、本発明の第1の態様は、第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値へ変換する色空間変換方法を提供する。本発明の第1の態様に係る色空間変換方法は、前記第1の色空間の白色点の色彩値を前記第2の色空間に変換して得られた変換後の色彩値と、前記第2の色空間の白色点の色彩値との偏差を解消するように、前記第1の色空間の色彩値を前記第2の色空間の色彩値へ変更することを特徴とする。

本発明の第1の態様は、第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値へ変換する色空間変換プログラムを提供する。本発明の第1の態様に係る色空間変換プログラムは、前記第1の色空間の白色点の色彩値を前記第2の色空間に変換して得られた変換後の色彩値と、前記第2の色空間の白色点の色彩値との偏差を解消するように、前記第1の色空間の色彩値を前記第2の色空間の色彩値へ変更する第1の色空間変換機能をコンピュータによって実現させることを特徴とする。

本発明の第1の態様によれば、1つのマトリクス演算または色変換テーブルを用いて色空間を変換するので、高速な色変換処理を実行することができる。さらに、色空間変換に伴い生じる偏差（誤差）を解消することができるので、色空間変換精度を向上させることができる。

本発明の第1の態様に係る色空間変換装置において、前記第1の色空間と前記第2の色空間とは、機器に依存する機器依存色空間であり、前記第1の色空間の白色点の色彩値を変換して得られた機器に依存しない機器独立色空間の第1の色彩値と、前記第2の色空間の白色点の色彩値を変換して得られた前記機器独立色空間の第2の色彩値とは等しくても良い。かかる構成を備える場合には、本発明の第1の態様は、より色空間変換精度を向上させることができる。

本発明の第2の態様は第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値へ変換する色空間変換装置を提供する。本発明の第2の態様に係る色空間変換装置は、マトリクス演算を実行して前記第1の色空間の色彩値を前記第2の色空間の色彩値に変換する色空間変換手段と、前記第1の色空間の無彩色の色彩値に対して前記マトリクス演算を実行して得られた前記第2の色空間の変換後の色彩値と、前記第2の色空間の無彩色の色彩値との偏差を求める偏差算出手段と、前記算出された偏差を反映して前記色空間変換手段による色空間変換精度を向上させる変換精度向上手段とを備えることを特徴とする。

本発明の第2の態様によれば、1つのマトリクス演算を用いて色空間を変換するので、高速な色変換処理を実行することができる。さらに、色空間変換に伴い生じる偏差（誤差）を解消することができるので、色空間変換精度を向上させることができる。

本発明の第2の態様に係る色空間変換装置において、前記第1の色空間と前記第2の色空間とは、機器に依存する機器依存色空間であり、前記第1の色空間の無彩色の色彩値を変換して得られた機器に依存しない機器独立色空間の第1の色彩値と、前記第2の色空間の無彩色の色彩値を変換して得られた前記機器独立色空間の第2の色彩値とは等しくても良い。かかる構成を備える場合には、より色空間変換精度を向上させることができる。

本発明の第3の態様は、第1の色空間の白色点の色彩値と、第2の色空間の白色点の色彩値とが機器に依存しない機器独立色空間において一致し、前記第1の色空間の色彩値を前記第2の色空間の色彩値へ変換する色空間変換装置を提供する。本発明の第3の態様に係る色空間変換装置は、前記第1の色空間の色彩値を

前記機器独立色空間の色彩値に変換する第1のマトリクスと、前記第2の色空間の色彩値を前記機器独立色空間の色彩値に変換する第2のマトリクスとに基づいて生成された第3のマトリクスを用いて前記第1の色空間の白色点の色彩値を前記第2の色空間へ変換して得られた変換後の色彩値と、前記第2の色空間の白色点の色彩値とを一致させる特性を有する、前記第1の色空間および第2の色空間の組み合わせ毎に用意されている複数の色変換テーブルと、前記第1の色空間および第2の色空間の組み合わせに基づいて、前記複数の色変換テーブルから1つの色変換テーブルを選択する選択手段と、前記選択された色変換テーブルを用いて前記第1の色空間の色彩値を前記第2の色空間の色彩値に変換する色空間変換手段とを備えることを特徴とする。

本発明の第3の態様によれば、第1の色空間の白色点の色彩値と、第2の色空間の白色点の色彩値とが機器独立色空間において一致し、色空間変換に伴い生じる偏差（誤差）を解消することができるので、変換前の色空間における白色点の色彩値と変換後の色空間における白色点の色彩値とを一致させることが可能となり、色空間変換精度を向上させることができる。さらに、1つのマトリクス演算を実行して色空間を変換するので、高速な色変換処理を実行することができる。なお、マトリクス演算を実行する代わりに、色変換テーブルを用いて第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値へ変更しても良い。

さらに、本発明の第3の態様に係る色空間変換装置は、前記第1の色空間の色彩値を前記機器独立色空間の色彩値に変換する第1のマトリクスと、前記第2の色空間の色彩値を前記機器独立色空間の色彩値に変換する第2のマトリクスとに基づいて生成された第3のマトリクスを用いて前記第1の色空間の色彩値を前記第2の色空間の色彩値へ変換する色空間変換手段と、前記変換手段によって前記第1の色空間の無彩色の色彩値から前記第2の色彩値へと変換された変換後の色彩値と、前記第2の色空間の無彩色の色彩値との偏差を求める偏差算出手段と、前記算出された偏差を反映して前記変換手段による色空間変換精度を向上させる変換精度向上手段とを備えても良い。

本発明の第3の態様によれば、第1の色空間の白色点の色彩値と、第2の色空間の白色点の色彩値とが機器独立色空間において一致し、色空間変換に伴い生じ

る偏差（誤差）を解消することができるので、変換前の色空間における無彩色の色彩値と変換後の色空間における無彩色の色彩値とを一致させることが可能となり、色空間変換精度を向上させることができる。さらに、1つのマトリクス演算を実行して色空間を変換するので、高速な色変換処理を実行することができる。

5 なお、マトリクス演算を実行する代わりに、色変換テーブルを用いて第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値へ変更しても良い。

10 本発明の第3の態様に係る色空間変換装置はさらに、前記色彩値および色彩値の出力条件を指定する出力制御情報を1つのファイル内に含むファイルから前記色彩値および前記出力制御情報を読み出すファイル読み出し手段を備え、前記第1の色空間は、前記読み出された出力制御情報に基づいて決定されても良い。かかる構成を備える場合には、色彩値の色空間を自動的に取得することができる。また、前記偏差解消手段は、前記変換白色点の色彩値を補正して前記偏差を解消しても良く、あるいは、前記偏差を反映して前記第3のマトリクスを補正して前記偏差を解消しても良い。いずれの場合であっても、色空間変換処理に伴い発生した偏差を解消することができる。

15 本発明の第3の態様は、第1の色空間の白色点の色彩値と、第2の色空間の白色点の色彩値とが機器独立色空間において一致し、第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値へ変換する色空間変換プログラムを提供する。本発明の第3の態様に係る色空間変換プログラムは、前記第1の色空間の色彩値を前記機器独立色空間の色彩値に変換する第1のマトリクスと前記第2の色空間の色彩値を前記機器独立色空間の色彩値に変換する第2のマトリクスとに基づいて生成された第3のマトリクスを用いて前記第1の色空間の白色点の色彩値から前記第2の色空間へと変換後の色彩値と、前記第2の色空間の白色点の色彩値との偏差を算出する機能と、前記算出した偏差に基づいて前記色空間変換の精度を向上させる機能とをコンピュータに実現させることを特徴とする。

20 本発明の第3の態様は、この他に、色空間変換方法としても提供され得る。色空間変換プログラムまたは色空間変換方法として提供される場合にも、色空間変換装置として提供される場合に得ることができると同様の作用効果を得ることができる。また、本発明の第3の態様に係る色空間変換装置と同様にして、マト

リクス演算を実行する代わりに、色変換テーブルを用いて第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値へ変更しても良い。

本発明の第4の態様は、第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値へ変換する色空間変換装置を提供する。本発明の第4の態様に係る色空間変換装置は、
5 第1のマトリクスを用いて前記第1の色空間の色彩値を機器独立色空間の色彩値に変換する第1の変換手段と、第2のマトリクスを用いて前記第2の色空間の色彩値を前記機器独立色空間の色彩値に変換する第2の変換手段と、前記第1の変換手段により前記第1の色空間の白色点の色彩値から変換された前記機器独立色空間の第1の白色点の色彩値と、前記第2の変換手段により前記第2の色空間の白色点の色彩値から変換された前記機器独立色空間の第2の白色点の色彩値とが一致するか否かを判定する判定手段と、前記第1のマトリクスと前記第2のマトリクスとに基づいて生成された第3のマトリクスを用いて前記第1の色空間の色彩値を前記第2の色空間の色彩値へ変換する第3の変換手段と、前記第1の白色点の色彩値と前記第2の白色点の色彩値とが一致すると判定された場合には、前記第3の変換手段によって前記第1の色空間の無彩色の色彩値から前記第2の色空間の色彩値へと変換された後の色彩値と、前記第2の色空間の無彩色の色彩値との偏差を求める偏差算出手段と、前記算出された偏差に基づいて前記第3の変換手段による色空間変換精度を向上させる変換精度向上手段とを備えることを特徴とする。

20 本発明の第4の態様によれば、第1の色空間の白色点の色彩値と、第2の色空間の白色点の色彩値とが機器独立色空間において一致するか否かを判定し、一致する場合に色空間変換に伴い生じる偏差（誤差）を解消するので、無彩色（白色点）の不一致による色空間変換精度の低下を防止することができる。さらに、1つのマトリクス演算を実行して色空間を変換するので、高速な色変換処理を実行
25 することができる。

本発明の第4の態様に係る色空間変換装置はさらに、前記第1の白色点の色彩値と前記第2の白色点の色彩値とが一致しないと判定された場合には、前記第1の白色点の色彩値と一致する前記第2の白色点の色彩値が得られるように前記第2のマトリクスを補正する第1の補正手段、あるいは、前記第2の白色点の色彩

値と一致する前記第1の白色点の色彩値が得られるように前記第1のマトリクスを補正する第2の補正手段を備えても良い。

本発明の第4の態様によれば、第1の色空間の白色点の色彩値と、第2の色空間の白色点の色彩値とが機器独立色空間において一致するか否かを判定し、一致しない場合には、白色点を一致させるので、白色点が不一致の場合であっても色空間変換精度を向上させることができる。さらに、1つのマトリクス演算を実行して色空間を変換するので、高速な色変換処理を実行することができる。

また、本発明の第4の態様は、第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値へ変換する色空間変換方法を提供する。本発明の第4の態様に係る色空間変換方法は、第1のマトリクスを用いて前記第1の色空間の白色点の色彩値から機器独立色空間の白色点の色彩値に変換された第1の白色点の色彩値と、第2のマトリクスを用いて前記第2の色空間の白色点の色彩値から前記機器独立色空間の白色点の色彩値に変換された第2の白色点の色彩値とが一致するか否かを判定し、前記第1の白色点の色彩値と前記第2の白色点の色彩値とが一致すると判定した場合には、前記第1のマトリクスと前記第2のマトリクスとに基づいて生成された第3のマトリクスを用いて前記第1の色空間の無彩色の色彩値から前記第2の色空間へと変換された変換後の色彩値と、前記第2の色空間の無彩色の色彩値との偏差を算出し、前記算出した偏差を解消するように前記第3のマトリクスの係数を補正することを特徴とする。

さらに、本発明の第4の態様は、第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値へ変換する色空間変換プログラムを提供する。本発明の第4の態様に係る色空間変換プログラムは、第1のマトリクスを用いて前記第1の色空間の白色点の色彩値から機器独立色空間の白色点の色彩値に変換された第1の白色点の色彩値と、第2のマトリクスを用いて前記第2の色空間の白色点の色彩値から前記機器独立色空間の白色点の色彩値に変換された第2の白色点の色彩値とが一致するか否かを判定する機能と、前記第1の白色点の色彩値と前記第2の白色点の色彩値とが一致すると判定した場合には、前記第1のマトリクスと前記第2のマトリクスとに基づいて生成された第3のマトリクスを用いて前記第1の色空間の無彩色の色彩値から前記第2の色空間へと変換された変換後の色彩値と、前記第2の色空間

間の無彩色の色彩値との偏差を算出する機能と、前記算出した偏差を反映して前記色空間変換の精度を向上させる機能とをコンピュータに実現させることを特徴とする。

本発明の第5の態様は、第1のRGB色空間における白色点と第2のRGB色空間における白色点とがXYZ色空間において一致し、前記第1のRGB色空間における色彩値(R1, G1, B1)を前記第2のRGB色空間における色彩値(R2, G2, B2)へ変換する色空間変換装置を提供する。本発明の第5の態様に係る色空間変換装置は、第1のRGB色空間における色彩値をXYZ色空間の色彩値に変換する際に用いられるマトリクスMおよび第2のRGB色空間における色彩値をXYZ色空間の色彩値に変換する際に用いられるマトリクスNに基づき予め求められたマトリクス $L=N^{-1}M$ を用いて以下の式1によって前記第1の色空間の色彩値(R1, G1, B1)を前記第2の色空間の色彩値(R2, G2, B2)へ変換する変換手段と、

$$\begin{pmatrix} R2 \\ G2 \\ B2 \end{pmatrix} = L \begin{pmatrix} R1 \\ G1 \\ B1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a3 & b3 & c3 \\ d3 & e3 & f3 \\ g3 & h3 & i3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R1 \\ G1 \\ B1 \end{pmatrix} \quad \text{式1}$$

前記変換手段によって前記第1の色空間の白色点を表す色彩値(1, 1, 1)から前記第2の色空間の白色点を表す色彩値へと変換された変換白色点の色彩値(a3+b3+c3, d3+e3+f3, g3+h3+i3)と、前記第2の色空間の白色点を表す色彩値(1, 1, 1)との偏差を求める偏差算出手段と、前記算出された偏差を反映して前記変換手段による色空間変換精度を向上させる変換精度向上手段とを備えても良い。

また、本発明の第5の態様は、色空間変換方法あるいは、色空間変換プログラムとしても提供され得る。いずれの場合であっても、本発明の第3の態様と同様の作用効果を得ることができると共に、本発明の第3の態様と同様に種々の態様に実現することができる。

本発明の第6の態様は、第1のRGB色空間における色彩値(R1, G1, B1)を第2のRGB色空間における色彩値(R2, G2, B2)へ変換する色空間変換装置を提供する。本発明の第6の態様に係る色空間変換装置は、

マトリクスMを用いて以下の式1によって前記第1のRGB色空間の色彩値（R1, G1, B1）をXYZ色空間の色彩値（X、Y、Z）に変換する第1の変換手段と、

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} R1 \\ G1 \\ B1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a1 & b1 & c1 \\ d1 & e1 & f1 \\ g1 & h1 & i1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R1 \\ G1 \\ B1 \end{pmatrix} \quad \text{式1}$$

マトリクスNを用いて以下の式2によって前記第2のRGB色空間の色彩値（R2, G2, B2）をXYZ色空間の色彩値（X、Y、Z）に変換する第2の変換手段と、

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = N \begin{pmatrix} R2 \\ G2 \\ B2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a2 & b2 & c2 \\ d2 & e2 & f2 \\ g2 & h2 & i2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R2 \\ G2 \\ B2 \end{pmatrix} \quad \text{式2}$$

マトリクスMおよびマトリクスNに基づき予め求められたマトリクスL=N⁻¹Mを用いて以下の式3によって前記第1のRGB色空間の色彩値（R1, G1, B1）を前記第2のRGB色空間の色彩値（R2, G2, B2）へ変換する第3の変換手段と、

$$\begin{pmatrix} R2 \\ G2 \\ B2 \end{pmatrix} = L \begin{pmatrix} R1 \\ G1 \\ B1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a3 & b3 & c3 \\ d3 & e3 & f3 \\ g3 & h3 & i3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R1 \\ G1 \\ B1 \end{pmatrix} \quad \text{式3}$$

前記第1のRGB色空間の白色点を表す色彩値（1, 1, 1）を上記第1の変換手段によって変換して得られたXYZ色空間の色彩値と、前記第2のRGB色空間の白色点を表す色彩値（1, 1, 1）を上記第2の変換手段によって変換して得られたXYZ色空間の色彩値との間に、a1+b1+c1=a2+b2+c2、d1+e1+f1=d2+e2+f2、g1+h1+i1=g2+h2+i2、の3つの関係が成立するか否かを判定する判定手段と、前記3つの関係が成立すると判定された場合には、前記第3の変換手段によって前記第1のRGB色空間の白色点を表す色彩値（1, 1, 1）から前記第2のRGB色空間の色彩値へと変換された変換後の色彩値（a3+b3+c3、d3+e3+f3、g3+h3+i3）と、前記第2のRGB色空間の白色点を表す色彩値（1, 1, 1）

との偏差を求める偏差算出手段と、前記算出された偏差を解消するように前記マトリクスLの係数を補正する第1の補正手段とを備えることを特徴とする。

本発明の第6の態様に係る色空間変換装置はさらに、前記3つの関係のうち少なくとも1つの関係が成立しないと判定された場合には、前記3つの関係が成立するように、前記マトリクスNを補正する第2の補正手段、あるいは、前記マトリクスMを補正する第3の補正手段を備えても良い。

また、本発明の第6の態様は、色空間変換方法、色空間変換プログラムとしても提供され得る。いずれの場合であっても、本発明の第6の態様は、本発明の43の態様と同様の作用効果を得ることができると共に、本発明の第4の態様と同様に種々の態様にて実現され得る。

本発明の第7の態様は、第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値へ変換するための色空間変換マトリクスの製造方法を提供する。本発明の第6の態様に係る色空間変換マトリクスの製造方法は、マトリクスを用いたマトリクス演算を実行して、前記第1の色空間の白色点の色彩値を前記第2の色空間の白色点の色彩値へ変換し、前記マトリクス演算を実行して得られた前記第2の色空間の色彩値と、前記第2の色空間の無彩色の色彩値との偏差を求め、前記算出された偏差を反映して前記第2の色空間の変換後の色彩値と、前記第2の色空間の無彩色白色点の色彩値とが一致するように前記マトリクスを補正して補正マトリクスを求め、前記求めたマトリクスを記憶手段に格納することを特徴とする。

なお、前記第2の色空間の無彩色は白色（白色点）で合っても良い。本発明の第7の態様に係る色空間変換マトリクスの製造方法によれば、第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値へ変換する際に、無彩色（白色点）の色彩値を一致させることができる。また、色空間変換に伴う精度を向上させることができる。

本発明の第8の態様は、第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値へ変換するための色空間変換テーブルの製造方法を提供する。本発明の第8の態様は、マトリクス演算を実行して、前記第1の色空間の白色点の色彩値を前記第2の色空間の白色点の色彩値へ変換し、前記マトリクス演算を実行して得られた前記第2の色空間の色彩値と、前記第2の色空間の無彩色の色彩値との偏差を求め、前記算出された偏差を反映して、前記第2の色空間に変換された後の色彩値と、前

記第2の色空間の無彩色の色彩値とが一致するように前記マトリクスを補正し、前記補正したマトリクスを用いたマトリクス演算を実行して、前記第1の色空間の複数の色彩値を前記第2の色空間の複数の色彩値に変換し、前記前記第1の色空間の複数の色彩値と前記変換された前記第2の色空間の色彩値とを対応付ける色空間変換テーブルを生成し、前記生成した色空間変換テーブルを記憶手段に格納することを特徴とする。

なお、前記第2の色空間の無彩色は白色（白色点）で合っても良い。本発明の第8の態様に係る色空間変換テーブルの製造方法によれば、第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値へ変換する際に、無彩色（白色点）の色彩値を一致させることができる。また、色空間変換に伴う精度を向上させることができる。

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

図1は、第1実施例に係る画像出力装置を適用可能な画像データ出力システムの一例を示す説明図である。

図2は、第1実施例に係る画像出力装置が出力する画像ファイル（画像データ）を生成可能なデジタルスチルカメラの概略構成を示すブロック図である。

図3は、Exifファイル形式にて格納されている画像ファイル100の概略的な内部構造を示す説明図である。

図4は、第1実施例に係るカラープリンタ20の概略構成を示すブロック図である。

図5は、カラープリンタ20の制御回路30の内部構成を示す説明図である。

図6は、第1実施例に係るカラープリンタ20における印刷処理の処理ルーチンを示すフローチャートである。

図7は、第1実施例に係るカラープリンタ20における画像処理の流れを示すフローチャートである。

図8は、RGB色空間上における、可視領域（VA）、sRGB（SR）、NTSC（NS）、wRGB（WR）の色空間領域を示す説明図である。

図9は、第2の実施例に従うカラープリンタ20における印刷処理の処理ルーチンを示すフローチャートである。

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

以下、画像出力装置として実現されている本発明に係る色空間変換装置について以下の順序にて図面を参照しつつ、いくつかの実施例に基づいて説明する。

5 A. 第1の実施例に係る画像出力装置を含む色彩値出力システムの構成

B. 画像出力装置の構成

C. 画像出力装置における色空間変換処理を含む画像処理

D. 第2の実施例

10 A. 第1の実施例に係る画像出力装置を適用可能な画像データ出力システムの構成：

15 第1実施例に係る画像処理装置を適用可能な画像データ出力システムの構成について図1および図2を参照して説明する。図1は第1実施例に係る画像出力装置を適用可能な画像データ出力システムの一例を示す説明図である。図2は第1実施例に係る画像出力装置が出力する画像ファイル（画像データ）を生成可能なデジタルスチルカメラの概略構成を示すブロック図である。

20 画像データ出力システム10は、画像ファイルを生成する入力装置としてのデジタルスチルカメラ12、デジタルスチルカメラ12にて生成された画像ファイルに基づいて画像処理を実行し、画像を出力する出力装置としてのカラープリンタ20を備えている。出力装置としては、プリンタ20の他に、CRTディスプレイ、LCDディスプレイ等のモニタ14、プロジェクタ等が用いられ得るが、以下の説明では、カラープリンタ20を出力装置として用いるものとする。

25 デジタルスチルカメラ12は、光の情報をデジタルデバイス（CCDや光電子倍增管）に結像させることにより画像を取得するカメラであり、図2に示すように光情報を収集するための光学回路121、デジタルデバイスを制御して画像を取得するための画像取得回路122、取得したデジタル画像を加工処理するための画像処理回路123、各回路を制御する制御回路124を備えている。デジタルスチルカメラ12は、取得した画像をデジタルデータとして記憶装置としてのメモリカードMCに保存する。デジタルスチルカメラ12における画像データの保存形式としては、JPEG形式が一般的であるが、この他にも

T I F F 形式、G I F 形式、B M P 形式等の保存形式が用いられ得る。デジタルスチルカメラ 1 2 はまた、各種機能を選択、設定するための選択・決定ボタン 1 2 6 を備えている。

デジタルスチルカメラ 1 2 は、画像データを J P E G 形式にて保存する場合には、通常、先ず s R G B 色空間にて画像データ（色彩値）を生成し、後述するマトリクス S の逆演算を実行して色彩値の色空間を s R G B 色空間から Y C b C r 色空間に変換する。Y C b C r 色空間はデータの圧縮に適した色空間特性を有しているからである。

本画像データ出力システム 1 0 に用いられるデジタルスチルカメラ 1 2 は、画像データに加えて付属情報を画像ファイルとしてメモリカード M C に格納する。デジタルスチルカメラ 1 2 によって生成される画像ファイルは、画像ファイルの互換性を維持するため、通常、デジタルスチルカメラ用画像ファイルフォーマット規格（Exif）に従ったファイル構造を有している。Exif ファイルの仕様は、電子情報技術産業協会（J E I T A）によって定められている。

この Exif ファイル形式に従うファイル形式を有する場合の画像ファイル内部の概略構造について図 3 を参照して説明する。図 3 は Exif ファイル形式にて格納されている画像ファイル 1 0 0 の概略的な内部構造を示す説明図である。なお、本実施例中におけるファイルの構造、データの構造、格納領域といった用語は、ファイルまたはデータ等が記憶装置内に格納された状態におけるファイルまたはデータのイメージを意味するものである。

Exif ファイルとしての画像ファイル 1 0 0 は、J P E G 形式の画像データを格納する J P E G 画像データ格納領域 1 0 1 と、格納されている J P E G 画像データに関する各種付属情報を格納する付属情報格納領域 1 0 2 とを備えている。付属情報格納領域 1 1 2 には、撮影時色空間、撮影日時、露出、シャッター速度等といった J P E G 画像の撮影条件に関する撮影時情報、J P E G 画像データ格納領域 1 0 1 に格納されている J P E G 画像のサムネイル画像データが T I F F 形式にて格納されている。付属情報は画像データがメモリカード M C に書き込まれる際に自動的に付属情報格納領域 1 0 2 に格納される。また、付属情報格納領域 1 0 2 は、D S C 製造者に解放されている未定義領域である Makernote データ格

納領域 1 0 3 を備えており、D S C 製造者は Makernote データ格納領域 1 0 3 に
対して任意の情報を格納させることができる。なお、当業者にとって周知である
ように、Exif 形式のファイルでは、各データを特定するためにタグが用いられて
いる。

5 Makernote データ格納領域 1 0 3 もまた、タグによって格納されているデータ
を識別できる構成を備えており、本実施例では、カラープリンタ 2 0 における画
像処理を制御するための制御情報（画像処理制御情報）が格納されている。

制御情報は、カラープリンタ 2 0 等の出力装置が有する画像出力特性を考慮し
て、最適な画像出力結果を得ることができるように画像出力条件を指定する情報
である。制御情報として格納される情報は、出力装置における出力条件を指定す
る情報や出力装置における出力を特徴付けるための条件を指定する情報とを含ん
でいる。出力条件を指定する情報には、例えば、ガンマ値、ターゲットとする色
空間に関するパラメータが含まれている。色空間に関する情報は、付属情報にも
ColorSpace タグとして含まれているが、付属情報に含まれている色空間情報は画
像データ（色彩値）生成時における色空間情報であり、制御情報に含まれる色空
間情報は任意に指定（設定）可能な画像処理時における色空間の情報である。出
力の特徴付ける情報には、例えば、コントラスト、カラーバランス調整、シャ
ープネス、色補正に関するパラメータが含まれている。なお、本実施例における色
空間変換処理は、画像生成時の色空間情報および画像処理時に用いられるべき色
空間情報のいずれの色空間情報を用いても実行することができるが、以下の説明
では、画像生成時における色空間情報を用いた場合について説明する。

デジタルスチルカメラ 1 2 において生成された画像ファイルは、例えば、ケ
ーブル C V、コンピュータ P C を介して、あるいは、ケーブル C V を介してカラ
ープリンタ 2 0 に送出される。あるいは、デジタルスチルカメラ 1 2 に装着さ
25 れているメモ리카ード M C が接続されたコンピュータ P C を介して、あるいは、
メモ리카ード M C をプリンタ 2 0 に対して直接、接続することによって画像ファ
イルがカラープリンタ 2 0 に送出される。なお、以下の説明では、メモ리카ード
M C がカラープリンタ 2 0 に対して直接、接続される場合に基づいて説明する。

B. 画像出力装置の構成：

図4を参照して第1実施例に係る画像出力装置、すなわち、カラープリンタ20の概略構成について説明する。図4は第1実施例に係るカラープリンタ20の概略構成を示すブロック図である。

カラープリンタ20は、カラー画像の出力が可能なプリンタであり、例えば、シアン（C）、マゼンタ（M）、イエロー（Y）、ブラック（K）の4色の色インクを印刷媒体上に噴射してドットパターンを形成することによって画像を形成するインクジェット方式のプリンタであり、あるいは、カラートナーを印刷媒体上に転写・定着させて画像を形成する電子写真方式のプリンタである。色インクには、上記4色に加えて、ライトシアン（薄いシアン、LC）、ライトマゼンタ（薄いマゼンタ、LM）、ダークイエロ（暗いイエロ、DY）を用いても良い。

カラープリンタ20は、図示するように、キャリッジ21に搭載された印字ヘッド211を駆動してインクの吐出およびドット形成を行う機構と、このキャリッジ21をキャリッジモータ22によってプラテン23の軸方向に往復動させる機構と、紙送りモータ24によって印刷用紙Pを搬送する機構と、制御回路30とから構成されている。キャリッジ21をプラテン23の軸方向に往復動させる機構は、プラテン23の軸と並行に架設されたキャリッジ21を摺動可能に保持する摺動軸25と、キャリッジモータ22との間に無端の駆動ベルト26を張設するプーリー27と、キャリッジ21の原点位置を検出する位置検出センサ28等から構成されている。印刷用紙Pを搬送する機構は、プラテン23と、プラテン23を回転させる紙送りモータ24と、図示しない給紙補助ローラと、紙送りモータ24の回転をプラテン23および給紙補助ローラに伝えるギヤトレイン（図示省略）とから構成されている。

制御回路30は、プリンタの操作パネル29と信号をやり取りしつつ、紙送りモータ24やキャリッジモータ22、印字ヘッド211の動きを適切に制御している。カラープリンタ20に供給された印刷用紙Pは、プラテン23と給紙補助ローラの間に挟み込まれるようにセットされ、プラテン23の回転角度に応じて所定量だけ送られる。

キャリッジ21にはインクカートリッジ212とインクカートリッジ213とが装着される。インクカートリッジ212には黒（K）インクが収容され、イン

クカートリッジ 2 1 3 には他のインク、すなわち、シアン（C）、マゼンタ（M）、イエロ（Y）の 3 色インクの他に、ライトシアン（LC）、ライトマゼンタ（LM）、ダークイエロ（DY）の合計 6 色のインクが収納されている。

次に図 5 を参照してカラープリンタ 2 0 の制御回路 3 0 の内部構成について説明する。図 5 は、カラープリンタ 2 0 の制御回路 3 0 の内部構成を示す説明図である。図示するように、制御回路 3 0 の内部には、CPU 3 1、PROM 3 2、RAM 3 3、メモリカード MC からデータを取得する PCMCIA スロット 3 4、紙送りモータ 2 4 やキャリッジモータ 2 2 等とデータのやり取りを行う周辺機器入出力部（PIO）3 5、タイマ 3 6、駆動バッファ 3 7 等が設けられている。駆動バッファ 3 7 は、インク吐出用ヘッド 2 1 4 ないし 2 2 0 にドットのオン・オフ信号を供給するバッファとして使用される。これらは互いにバス 3 8 で接続され、相互にデータにやり取りが可能となっている。また、制御回路 3 0 には、所定周波数で駆動波形を出力する発振器 3 9、および発振器 3 9 からの出力をインク吐出用ヘッド 2 1 4 ないし 2 2 0 に所定のタイミングで分配する分配出力器 4 0 も設けられている。

制御回路 3 0 は、メモリカード MC から画像ファイル 1 0 0 を読み出し、付属情報を解析し、解析した制御情報 AI に基づいて画像処理を実行する。制御回路 3 0 は、紙送りモータ 2 4 やキャリッジモータ 2 2 の動きと同期を採りながら、所定のタイミングでドットデータを駆動バッファ 3 7 に出力する。制御回路 3 0 によって実行される詳細な画像処理の流れについては、以下に説明する。

C. カラープリンタ 2 0 における色空間変換処理を含む画像処理：

図 6 および図 7 を参照して第 1 の実施例に係るカラープリンタ 2 0 における画像処理について説明する。図 6 は第 1 実施例に係るカラープリンタ 2 0 における印刷処理の処理ルーチンを示すフローチャートである。図 7 はカラープリンタ 2 0 における画像処理の流れを示すフローチャートである。なお、以下の説明では、色空間情報として sRGB 色空間が指定されているものとする。

プリンタ 2 0 の制御回路 3 0（CPU 3 1）は、スロット 3 4 にメモリカード MC が差し込まれると、メモリカード MC から画像ファイル 1 0 0 を読み出し、

読み出した画像ファイル100をRAM33に一時的に格納する（ステップS100）。CPU31は読み出した画像ファイル100の付属情報格納領域102から画像データ生成時の色空間を示すColorSpaceタグを検索する（ステップS110）。CPU31は、ColorSpaceタグを検索・発見できた場合には（ステップS120:Yes）、画像データ生成時の色空間情報を取得して解析する（ステップS130）。CPU31は、解析した色空間情報に基づいて、後述する色空間変換処理において用いられるマトリクスLを補正してマトリクスL'を求める処理を実行する（ステップS140）。なお、マトリクスL'の算出手順については、以下で詳述する。CPU31は、補正により求められたマトリクスL'を用いた色空間変換処理を含む画像処理を実行し（ステップS150）、処理された画像データをプリントアウトする（ステップS160）。

CPU31は、ColorSpaceタグを検索・発見できなかった場合には（ステップS120:No）、画像データ（色彩値）を定義する色空間が判らないので、カラープリンタ20が予めデフォルト値として保有している色空間情報、例えばsRGB色空間の情報をROM32から取得して通常の画像処理を実行する（ステップS170）。CPU31は、処理した画像データをプリントアウト（ステップS160）して本処理ルーチンを終了する。

続いて、本実施例における色空間変換処理に際して用いられるマトリクスL'の算出手順について説明する。なお、色空間変換処理の説明においては、画像データの用語に代えて色彩値の用語を用いる。マトリクスL' = $(N^{-1}M)'$ は、第1の色空間の色彩値を第2の色空間の色彩値に変換する際のマトリクス演算式に用いられる、色空間変換用のマトリクスである。マトリクスL' = $(N^{-1}M)'$ は、後述するように、マトリクスL = $N^{-1}M$ に対して補正処理を実行することによって得られる。通常、色彩値を表す（定義する）色空間を変換する際には、変換元の色空間における色再現と変換先の色空間における色再現を一致させるために、DSC、プリンタといったデバイスに依存しないデバイス非依存性色空間（機器独立色空間）、例えば、XYZ色空間を介して変換が実行される。一般的に用いられているRGB色空間は、デバイスに依存するデバイス依存性色空間であり、各デバイス毎に定義されているため、他のデバイスにおいて正しく色再現

するためには、XYZ色空間等の機器独立色空間において常に同じ値を取るよう
に、カラーマッチングを行う必要がある。以下、マトリクスMおよびマトリクス
Nについて説明する。

本実施例では、第1の色空間、例えば、RGB色空間の色彩値をXYZ色空間
の色彩値に変換するために、マトリクスMを用いたマトリクス演算Mを実行する
。マトリクス演算Mの実行に際しては、色彩値生成時の色空間を反映させるため
、CPU31はColorSpaceタグを参照し、書き込まれている色空間情報を用いて
マトリクス（M）のマトリクス値を設定し、マトリクス演算を実行する。このと
き、sRGB色空間、NTSC色空間といった色空間が用いられ得る。マトリク
スMを用いたマトリクス演算Mは、例えば、以下に示す演算式である。

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} R_s \\ G_s \\ B_s \end{pmatrix}$$

$$M = \begin{pmatrix} a1 & b1 & c1 \\ d1 & e1 & f1 \\ g1 & h1 & i1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{pmatrix}$$

従来は、プリンタまたはコンピュータにおける画像処理に際して用いられる色
空間はsRGBに固定されており、たとえ、デジタルスチルカメラ12におい
てより広い色空間、例えば、NTSCに基づく色彩値を生成可能であっても、か
かる広い色空間を有効に活用することができなかった。これに対して、本実施例
では、画像ファイルの付属情報に記載された色彩値生成時における色空間情報
を用いて画像処理時に用いられるマトリクス演算Mのマトリクス（M）値を変更す
るプリンタ（プリンタドライバ）を用いている。したがって、デジタルスチル
カメラ12が、RGB色空間の1つであり、sRGB色空間よりも広い空間を有
するNTSC色空間で色彩値を生成した場合にも、色彩値が生成された色空間を
有効に活用して、正しい色再現を実現することができる。

本実施例では、第2の色空間、例えば、wRGB色空間に基づく色彩値をXYZ
色空間に基づく色彩値に変換するために、すなわち、wRGB色空間の基づく
色彩値とXYZ色空間に基づく色彩値とを関係付けるため、マトリクスNを用い

たマトリクス演算Nを実行する。なお、wRGB色空間は、図8に示すとおりsRGB色空間よりも広い色空間である。マトリクスNを用いたマトリクス演算Nは、例えば、以下に示す演算式である。

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \mathbf{N} \begin{pmatrix} R_w \\ G_w \\ B_w \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{N} = \begin{pmatrix} a2 & b2 & c2 \\ d2 & e2 & f2 \\ g2 & h2 & i2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.5767 & 0.1856 & 0.1882 \\ 0.2973 & 0.6274 & 0.0753 \\ 0.0270 & 0.0707 & 0.9913 \end{pmatrix}$$

本実施例におけるsRGB色空間とwRGB色空間は、両色空間に基づく白色点（照明光源）の色彩値がXYZ色空間において同一の値を取る。すなわち、sRGB色空間に基づく白色点の色彩値（Rs、Gs、Bs）＝（1.0000、1.0000、1.0000）および、wRGB色空間に基づく白色点の色彩値（Rw、Gw、Bw）＝（1.0000、1.0000、1.0000）の間に、 $a1 + b1 + c1 = a2 + b2 + c2$ かつ $d1 + e1 + f1 = d2 + e2 + f2$ かつ $g1 + h1 + i1 = g2 + h2 + i2$ の関係が成り立つ。例示したマトリクスM、Nを具体的に適用すると、sRGB色空間に基づく白色点の色彩値（Rs、Gs、Bs）＝（1.0000、1.0000、1.0000）は、マトリクス演算Mによって、 $(X, Y, Z) = (0.9505, 1.0000, 1.0890)$ の値を有する色彩値に変換され、wRGB色空間に基づく白色点の色彩値（Rw、Gw、Bw）＝（1.0000、1.0000、1.0000）は、マトリクス演算Nによって、 $(X, Y, Z) = (0.9505, 1.0000, 1.0890)$ の値を有する色彩値に変換される。したがって、sRGB色空間に基づく白色点の色彩値とwRGB色空間に基づく白色点の色彩値とは、XYZ色空間を介して正しく関連付けられている。

上記マトリクスMを用いたマトリクス演算Mおよびマトリクス N^{-1} を用いたマトリクス演算 N^{-1} を順次実行すれば、sRGB色空間の色彩値をwRGB色空間の色彩値に変換することができるが、演算処理時間が長くなる。そこで、sRGB色空間の色彩値をwRGB色空間の色彩値に変換する際には、予め求めておい

たマトリクス L ($=N^{-1}M$) を用いたマトリクス L ($=N^{-1}M$) 演算を実行する。
マトリクス L を用いたマトリクス演算 L は、例えば、以下に示す演算式である。

$$\begin{pmatrix} R_w \\ G_w \\ B_w \end{pmatrix} = L \begin{pmatrix} R_s \\ G_s \\ B_s \end{pmatrix}$$

$$L = N^{-1}M = \begin{pmatrix} aL & bL & cL \\ dL & eL & fL \\ gL & hL & iL \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.7152 & 0.2848 & 0.0001 \\ 0.0000 & 1.0001 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0412 & 0.9588 \end{pmatrix}$$

マトリクス L を用いて、 $sRGB$ 色空間に基づく白色点の色彩値 (R_s, G_s, B_s) = (1.0000, 1.0000, 1.0000) を $wRGB$ 色空間に基づく色彩値に変換すると、(R_w, G_w, B_w) = (1.0001, 1.0001, 1.0000) の値が得られる。したがって、 $sRGB$ 色空間に基づく白色点の色彩値は、 $wRGB$ 色空間に基づく白色点の色彩値に正しく変換されない。これは、マトリクス M 、およびマトリクス N の有効桁数が小数点以下4桁であることを考慮し、マトリクス L を算出するに当たって、小数点以下5桁目を四捨五入して、有効桁を小数点以下4桁としているためである。マトリクス L の有効桁数を多く取れば、変換精度は高くなるが、演算処理速度が遅くなるため、マトリクス L を用いる意味がなくなってしまう。一方で、 $sRGB$ 色空間では白色（無彩色： $R_s = B_s = G_s$ ）として表される色彩値が、 $wRGB$ 色空間では無彩色として表されない ($R_w = B_w \neq G_s$) ので、グレーバランスが崩れてしまう。既述のように、人間の色覚はグレー領域では非常に敏感であるため、グレーバランスの乱れは目についてしまう。

本実施例では、マトリクス L の係数 ($aL, bL, cL, dL, eL, fL, gL, hL, iL$) に対して次のように補正を施した係数 ($aL', bL', cL', dL', eL', fL', gL', hL', iL'$) を有するマトリクス L' を用いて、グレーバランスを保ちつつ、色彩値の色空間を $sRGB$ から $wRGB$ に変換する。

$$E = aL + bL + cL - 1.0,$$

$$D = E / 3,$$

ここで、 D_m : D の有効桁以上の値、 $D_s = D - D_m$: D の有効桁未満の値、 $D_e = E - 3 * D_m$ とする。有効桁での最小単位を S とすると、 D_e の値として、0、 S 、 $2 * S$ を取り得る。そこで、 D_e の値に応じて、 aL 、 bL 、 cL の補正後の値、 aL' 、 bL' 、 cL' を次のように算出する。

$$D_e = 0 :$$

$$aL' = aL - D_m, bL' = bL - D_m, cL' = cL - D_m,$$

$$D_e = S :$$

$$aL' = aL - D_m, bL' = bL - D_m, cL' = cL - D_m - S,$$

$$D_e = 2 * S :$$

$$aL' = aL - D_m, bL' = bL - D_m - S, cL' = cL - D_m - S,$$

なお、 S を減算するパラメータについては、 cL 、 bL の順序で減算しているが、この順番は逆であっても良い。同様に、 dL 、 eL 、 fL 、 gL 、 hL 、 iL についても誤差補正を実行する。

上記補正手法を本実施例のマトリクス L に対して用いると、最上行は、

$$E = 0.7152 + 0.02848 + 0.0001 - 1.0 = 0.0001,$$

$$D = (0.0001) / 3 = 0.0000333\cdots,$$

有効桁を小数点以下4桁とすると、

$$D_m = 0.0000,$$

$$D_s = 0.0000333\cdots - 0.0000 = 0.0000333\cdots,$$

$$D_e = E - 3 * D_m = 0.0001 - 0.0000 = 0.0001,$$

$$S = 0.0001 \text{ となる。}$$

したがって、 $D_e = S$ となり、

$$aL' = aL - D_m = 0.7152 - 0.0000 = 0.7152,$$

$$bL' = bL - D_m = 0.2848 - 0.0000 = 0.2848,$$

$$cL' = cL - D_m - S = 0.0001 - 0.0000 - 0.0001 = 0.0000$$

中段行は、

$$E = 0.0000 + 1.0001 + 0.0000 - 1.0 = 0.0001,$$

$$D = (0.0001) / 3 = 0.0000333\cdots,$$

有効桁を小数点以下4桁とすると、

$$D_m = 0.0000,$$

$$5 \quad D_s = 0.0000333\cdots - 0.0000 = 0.0000333\cdots,$$

$$D_e = E - 3 * D_m = 0.0001 - 0.0000 = 0.0001,$$

$$S = 0.0001 \text{ となる。}$$

したがって、 $D_e = S$ となり、

$$dL' = dL - D_m = 0.0000 - 0.0000 = 0.0000,$$

$$10 \quad eL' = eL - D_m = 1.0001 - 0.0000 = 1.0001,$$

$$fL' = fL - D_m - S = 0.0000 - 0.0000 - 0.0001 = -0.0001$$

最下行は、

$$E = 0.0000 + 0.0412 + 0.9588 - 1.0 = 0.0000,$$

$$15 \quad D = (0.0001) / 3 = 0.0000,$$

有効桁を小数点以下4桁とすると、

$$D_m = 0.0000,$$

$$D_s = 0.0000 - 0.0000 = 0.0000,$$

$$D_e = E - 3 * D_m = 0.0000 - 0.0000 = 0.0000,$$

$$20 \quad S = 0.0001 \text{ となる。}$$

したがって、 $D_e = 0$ となり、

$$gL' = gL - D_m = 0.0000 - 0.0000 = 0.0000,$$

$$eL' = eL - D_m = 0.0412 - 0.0000 = 0.0412,$$

$$fL' = fL - D_m = 0.9588 - 0.0000 = 0.9588,$$

$$25 \quad \text{となる。}$$

したがって、マトリクスLに対して補正を施して得られるマトリクスL'は以下の通り表される。

$$L' = (N^{-1}M)' = \begin{pmatrix} 0.7152 & 0.2848 & 0.0000 \\ 0.0000 & 1.0001 & -0.0001 \\ 0.0000 & 0.0412 & 0.9588 \end{pmatrix}$$

マトリクス L' を用いて、 $sRGB$ 色空間に基づく白色点の色彩値 (R_s, G_s, B_s) = (1.0000, 1.0000, 1.0000) を $wRGB$ 色空間に基づく色彩値に変換すると、(R_w, G_w, B_w) = (1.0000, 1.0000, 1.0000) の値が得られる。したがって、 $sRGB$ 色空間に基づく白色点の色彩値は、 $wRGB$ 色空間に基づく白色点の色彩値に正しく変換され、変換によって $wRGB$ 色空間に基づいて表される色彩値のグレイバランスを保持することができる。

次に、カラープリンタ20において実行される画像処理について図7を参照して詳細に説明する。カラープリンタ20の制御回路30(CPU31)は、読み出した画像ファイル100から画像データGDを取りだす(ステップS200)。デジタルスチルカメラ12は、既述のように画像データをJPEG形式のファイルとして保存しており、JPEGファイルでは、圧縮率を高くするために、生成した画像データの色空間($sRGB$ 色空間)をYCbCr色空間に変換して画像データを保存している。

しかしながら、パーソナルコンピュータおよびプリンタ等では、通常、RGBの色空間にて表現されている画像データ(色彩値)のみを取り扱い得るので、YCbCrの色空間にて表現されている色彩値の色空間をRGB色空間に変換する必要がある。

CPU31は、YCbCrの色彩値をRGBの色彩値に変換するために 3×3 マトリクス演算Sを実行する(ステップS210)。なお、マトリクス演算Sは、JPEG File Interchange Format(JFIF)の規格によって定義されている、色彩値の色空間をYCbCr色空間からRGB色空間に変換するための演算式であり、以下に示す演算式である。なお、YCbCr色空間からRGB色空間に変換する際には、 $sRGB$ 色空間において表色域(領域)外となる色彩値、すなわち、色彩値として負値となるデータ、256以上のデータ(8ビット階調の場合)も有効なまま維持する。

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = S \begin{pmatrix} Y \\ Cb-128 \\ Cr-128 \end{pmatrix}$$

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1.40200 \\ 1 & -0.34414 & -0.71414 \\ 1 & 1.77200 & 0 \end{pmatrix}$$

CPU31は、こうして得られたRGB色空間の色彩値に対して、ガンマ補正
 を実行する（ステップS220）。ガンマ補正を実行する際には、CPU31は
 既述のパラメータの中でDSC側のガンマ値を参照し、設定されているガンマ値
 （DSCの固有値）を用いて映像データに対して以下に示すガンマ補正（ガンマ
 変換処理）を実行する。本実施例では、画像データは、負の色彩値を取り得るの
 で、色彩値が負の場合にもガンマ補正時に用いられるべき乗計算を実行すること
 ができるよう、色彩値が正值の場合と負値の場合と2通りの演算式を用意する。

$Rt, Gt, Bt \geq 0$

$$Rs = \left(\frac{Rt}{255} \right)^{\gamma} \quad Gs = \left(\frac{Gt}{255} \right)^{\gamma} \quad Bs = \left(\frac{Bt}{255} \right)^{\gamma}$$

$Rt, Gt, Bt < 0$

$$Rs = - \left(\frac{-Rt}{255} \right)^{\gamma} \quad Gs = - \left(\frac{-Gt}{255} \right)^{\gamma} \quad Bs = - \left(\frac{-Bt}{255} \right)^{\gamma}$$

CPU31は、ガンマ補正を実行した色彩値に対して、既述の通り求められた
 マトリクス $L' = (N^{-1}M)'$ を用いたマトリクス演算 $(N^{-1}M)$ を実行する（
 ステップS230）。

CPU31は、wRGBに基づく色彩値に変換された色彩値に対して、逆ガン
 マ補正を実行する（ステップS240）。逆ガンマ補正を実行する際には、C
 PU31は既述のパラメータの中でカラープリンタ20側のガンマ値を参照し、設
 定されているガンマ値の逆数を用いて色彩値に対して以下に示す逆ガンマ補正（
 逆ガンマ変換処理）を実行する。

$$Rw' = \left(\frac{Rw}{255} \right)^{1/\gamma} \quad Gw' = \left(\frac{Gw}{255} \right)^{1/\gamma} \quad Bw' = \left(\frac{Bw}{255} \right)^{1/\gamma}$$

マトリクス演算 L' 実行後に得られる色彩値の色空間はwRGB色空間である。このwRGB色空間は既述のように、sRGB色空間よりも広い色空間であり、元来、デジタルスチルカメラ12によって表現可能なRGB色空間に対応している。

CPU31は、画像を特徴付けるための自動画像調整を実行する（ステップS250）。ここで実行される処理は、制御情報の中の任意情報に従って実行される処理である。自動画像調整を実行する際には、CPU31は既述のパラメータの中から明るさ、シャープネス等のパラメータ値をそれぞれ参照し、設定されているパラメータ値を用いて映像データに対して画像調整を実行する。なお、自動調整パラメータが指定されている場合には、自動調整パラメータによって指定されるパラメータ値を基本として、任意に指定されている他のパラメータ値を反映させる。

また、画像ファイルの制御情報にてこれら任意情報が指定されていない場合であっても、自動調整パラメータだけはデジタルスチルカメラ12側にて自動的に付されるため、CPU31は、自動調整パラメータ値に従って画像調整を実行する。

CPU31は、印刷のためのwRGB色変換処理およびハーフトーン処理を実行する（ステップS260）。wRGB色変換処理では、CPU31は、ROM32内に格納されているwRGB色空間に対応したCMYK色空間への変換用ルックアップテーブル（LUT）を参照し、色彩値（画像データ）の色空間をwRGB色空間からCMYK色空間へ変更する。すなわち、R・G・Bの階調値からなる画像データをプリンタ24で使用する、例えば、C・M・Y・K・L C・L Mの各6色の階調値のデータに変換する。

ハーフトーン処理では、色変換済みの画像データを受け取って、階調数変換処理を行う。本実施例においては、色変換後の画像データは各色毎に256階調幅を持つデータとして表現されている。これに対し、本実施例のカラープリンタ20では、「ドットを形成する」、「ドットを形成しない」のいずれかの状態しか採り得ない。すなわち、本実施例のプリンタ24は局所的には2階調しか表現し得ない。そこで、256階調を有する画像データを、カラープリンタ20が表現

可能な2階調で表現された画像データに変換する。この2階調化（2値化）処理の代表的な方法として、誤差拡散法と呼ばれる方法と組織的ディザ法と呼ばれる方法とがある。

カラープリンタ20では、色変換処理に先立って、画像データの解像度が印刷解像度よりも低い場合は、補間演算を行って隣接画像データ間に新たなデータを生成し、逆に印刷解像度よりも高い場合は、データを間引くことによって、画像データの解像度を印刷解像度に変換する解像度変換処理を実行する。また、カラープリンタ20は、ドットの形成有無を表す形式に変換された画像データを、カラープリンタ20に転送すべき順序に並べ替えるインターレス処理を実行する

。なお、本実施例では、カラープリンタ20において全ての画像処理を実行し、生成された画像データに従って、ドットパターンが印刷媒体上に形成されるが、画像処理の全て、または、部分をコンピュータPC上で実行するようにしても良い。この場合には、コンピュータPCのハードディスク等にインストールされている画像データ処理アプリケーションに図7を参照して説明した画像処理機能を持たせることによって実現される。デジタルスチルカメラ12にて生成された画像ファイルは、ケーブルCVを介して、あるいは、メモ리카ードMCを介してコンピュータPCに対して提供される。コンピュータPC上では、ユーザの操作によってアプリケーションが起動され、画像ファイルの読み込み、付属情報、制御情報の解析、画像データGDの変換、調整が実行される。あるいは、メモ리카ードMCの差込を検知することによって、またあるいは、ケーブルCVの差込を検知することによって、アプリケーションが自動的に起動し、画像ファイルの読み込み、付属情報、制御情報の解析、画像データGDの変換、調整が自動的になされても良い。

以上、説明したように第1の実施例に従うカラープリンタ20における画像処理によれば、色彩値の色空間をsRGB色空間からwRGB色空間に変換するにあたり、色空間変換の精度を向上、あるいは、色空間変換精度を高く維持することができる。すなわち、グレーバランスの誤差を補正して得られるマトリクス L' を用いたマトリクス演算 L'' を実行するので、高い色空間変換精度でグレーバ

ランスを保持しつつ色彩値の色空間をsRGB色空間からwRGB色空間に変換することができる。したがって、色空間の変換を精度よく実行することが可能となり、人の色覚のもっとも敏感なグレー領域を、sRGB色空間、wRGB色空間の双方の色空間において適切に表現することができる。

- 5 また、色彩値の色空間をsRGB色空間からwRGB色空間に変換するにあたり、マトリクスMとマトリクスNとに基づいて予め算出済みのマトリクスL'を用いるので、グレーバランスを保持しつつ、色空間の変換処理速度を高速化することができる。

D. 第2の実施例に従う色空間変換処理を含む画像処理：

- 10 第2の実施例に係る画像出力装置の構成は第1の実施例に係る画像出力装置の構成と同一であるから、各構成要素には第1の実施例において用いた符号を付して、その説明を省略する。

- 15 第1の実施例では、第1の色空間（sRGB色空間）に基づく白色点の色彩値と第2の色空間（wRGB色空間）に基づく白色点の色彩値とがXYZ色空間において一致することを前提として説明した。これに対して、第2の実施例では、第1の色空間に基づく白色点の色彩値と第2の色空間に基づく白色点の色彩値とがXYZ色空間において一致しない場合に、両色空間に基づく白色点の色彩値がXYZ色空間において一致するように補正した後に、第1の実施例に従う色空間の変換処理を実行する点に特徴を有する。

- 20 図9を参照して第2の実施例に係るカラープリンタ20における画像処理について説明する。図9は第2実施例に係るカラープリンタ20における印刷処理の処理ルーチンを示すフローチャートである。

- 25 プリンタ20の制御回路30（CPU31）は、スロット34にメモ리카ードMCが差し込まれると、メモ리카ードMCから画像ファイル100を読み出し、読み出した画像ファイル100をRAM33に一時的に格納する（ステップS100）。CPU31は読み出した画像ファイル100の付属情報格納領域102から画像データ生成時の色空間を示すColorSpaceタグを検索する（ステップS110）。CPU31は、ColorSpaceタグを検索・発見できた場合には（ステップS120：Yes）、画像データ生成時の色空間情報を取得して解析する（ス

ップS130)。

CPU31は、解析した色空間情報を用いて、第1の色空間(sRGB色空間)に基づく白色点の色彩値と第2の色空間(wRGB色空間)に基づく白色点の色彩値とがXYZ色空間において一致するか否かを判定する(ステップS1301)。CPU31は、両色空間に基づく白色点の色彩値がXYZ色空間において一致すると判定した場合には(ステップS1301:Yes)、解析した色空間情報に基づいて、後述する色空間変換処理において用いられるマトリクスLを補正してマトリクスL'を求める処理を実行する(ステップS140)。

これに対して、CPU31は、両色空間に基づく白色点の色彩値がXYZ色空間において一致しないと判定した場合には(ステップS1301:No)、両色空間に基づく白色点の色彩値をXYZ色空間において一致させる補正処理を実行する(ステップS1302)。かかる補正処理については、後述する。CPU31は、白色点を一致させる補正処理を実行後、解析した色空間情報に基づいて、後述する色空間変換処理において用いられるマトリクスLを補正してマトリクスL'を求める処理を実行する(ステップS140)。なお、両色空間に基づく白色点の色彩値がXYZ色空間において一致するか否かを判定は、第1の実施例において説明したように、 $a1 + b1 + c1 = a2 + b2 + c2$ かつ $d1 + e1 + f1 = d2 + e2 + f2$ かつ $g1 + h1 + i1 = g2 + h2 + i2$ の関係が成り立つか否かによって判定される。

CPU31は、補正により求められたマトリクスL'を用いた色空間変換処理を含む画像処理を実行し(ステップS150)、処理された画像データをプリントアウトする(ステップS160)。CPU31は、ColorSpaceタグを検索・発見できなかった場合には(ステップS120:No)、カラープリンタ20が予めデフォルト値として保有している色空間情報、例えばsRGB色空間の情報をROM32から取得して通常の画像処理を実行する(ステップS170)。CPU31は、処理した画像データをプリントアウト(ステップS160)して本処理ルーチンを終了する。

白色点を一致させる補正処理について説明する。sRGB色空間における3刺激値を(Xs、Ys、Zs)とし、同じ知覚を与えるwRGB空間における対応

色の3刺激値を(Xw, Yw, Zw)とすると、Vonkries則では次の関係が成立する。Vonkries則は、照明光源(白色点)が異なる場合に、人間の目がそれぞれの照明の色に対して、色の知覚を一定に保とうとする機能(色順応)を考慮した色変換方法であり、人間の目の錘状体の3種類の細胞における刺激をL、M、Nとした場合に、その刺激量感度が照明光源に反比例するとした法則である。

$$\begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{pmatrix} = (\mathbf{M}b^{-1}) \begin{pmatrix} L_{ww}/L_{ws} & 0 & 0 \\ 0 & M_{ww}/M_{ws} & 0 \\ 0 & 0 & N_{ww}/N_{ws} \end{pmatrix} (\mathbf{M}b) \begin{pmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \end{pmatrix}$$

ただし、3刺激値XYZから、錘状体レベルの刺激量L、M、Nへの変換は、Bladfordの提案する次の変換マトリクスMbを用いる。

$$\mathbf{M}b = \begin{pmatrix} 0.8951 & 0.2664 & -0.1614 \\ -0.7502 & 1.7135 & 0.0367 \\ 0.0389 & -0.0685 & 1.0296 \end{pmatrix}$$

(Lws, Mws, Nws)、(Lww, Mww, Nww)は、それぞれsRGB色空間、wRGB色空間での照明(白色)の刺激量であり、sRGB色空間の色彩値が既述のマトリクスMによってXYZ色空間の色彩値に変換され、wRGB色空間の色彩値が既述のマトリクスNによってXYZ色空間の色彩値に変換される場合には次のようにして表される。

$$\begin{pmatrix} L_{ws} \\ M_{ws} \\ N_{ws} \end{pmatrix} = (\mathbf{M}) \begin{pmatrix} a1+b1+c1 \\ d1+e1+f1 \\ g1+h1+i1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} L_{ww} \\ M_{ww} \\ N_{ww} \end{pmatrix} = (\mathbf{N}) \begin{pmatrix} a2+b2+c2 \\ d2+e2+f2 \\ g2+h2+i2 \end{pmatrix}$$

上記、VonKries則に従う関係式を用いて、出力色彩値側のwRGB色空間の白色点を入力色彩値側のsRGB色空間の白色点と一致するように補正する。

以上説明したように、第2の実施例によれば、例えば、sRGB色空間およびwRGB色空間といった2つの色空間の白色点が機器独立色空間において異なる場合であっても、補正によって2つの色空間の白色点を機器独立色空間において

一致させることができる。したがって、第1の実施例において説明した色空間変換処理を適用することが可能となり、第1の実施例において得られる効果を得ることができる。

なお、第2の実施例においては、RGB色空間からXYZ色空間に変換された出力色彩値側の白色点を、RGB色空間からXYZ色空間に変換された入六側の白色点に一致させる補正を行っているが、RGB色空間からXYZ色空間への色彩値の色空間を変換する際に補正を行っても良い。すなわち、マトリクスMまたはマトリクスNの係数を補正して、XYZ色空間における入力色彩値側の白色点をXYZ色空間における出力色彩値側の白色点に一致させても良く、あるいは、XYZ色空間における出力色彩値側の白色点をXYZ色空間における入力色彩値側の白色点に一致させても良い。いずれの場合にも、2つの色空間のXYZ色空間における白色点を一致させることができることに変わりはないからである。

E. その他の実施例：

上記実施例では、色空間を変換するマトリクスL'を動的に算出して、色空間の変換処理を実行しているが、予め求められたマトリクスL'を用いたり、マトリクスL'による色変換結果を複数の色彩値について格納する色変換テーブルを用いて色空間の変換処理を実行しても良い。既定のマトリクスL'を用いる場合には、第1の色空間と第2の色空間の組み合わせ毎に複数のマトリクスL'を求めておき、処理する画像ファイルGFに応じて複数のマトリクスL'の中から適当なマトリクスL'を選択すればよい。また、色変換テーブルを用いる場合には、任意のマトリクスL'について、各マトリクスL'を用いて第1の色空間に基づく複数の任意の色彩値を第2の色空間に基づく複数の色彩値へ変換し、変換により得られた第2の色空間に基づく色彩値と第1の色空間に基づく複数の任意の色彩値とを対応付ける色変換テーブルを予め生成しておく。色変換処理実行時には、第1の色空間と第2の色空間の組み合わせに応じて、複数の色変換テーブルの中から1つの色変換テーブルを選択し、選択した色変換テーブルを用いて色変換処理を実行すればよい。

いずれの方法によって、画像データGDを定義する色空間を第1の色空間から第2の色空間に変換するかは、任意の選択事項であるが、マトリクスL'を動的

に生成する場合には、あらゆる色空間に対応することができると共に精度の良い色変換を実現することができる。また、既定のマトリクス L' を用いる場合には、マトリクス L' を格納するためのメモリリソースが少なく済むと共に、高速な色変換処理を実現することができる。さらに、色変換テーブルを用いる場合には、より高速な色変換処理を実現することができる。

上記各実施例では、ColorSpaceタグに記載された色空間情報を用いてマトリクス M を決定しているが、画像データ GD が制御情報と関連付けられている場合には、制御情報に格納されている画像処理時に用いるべき色空間情報を用いてマトリクス M を決定しても良い。かかる場合には、例えば、色空間情報としてマトリクス M のマトリクス値が格納されており、格納されているマトリクス値が読み出されることによってマトリクス M が設定されても良い。

上記各画像処理の実施例では、共に出力装置としてカラープリンタ20を用いているが、出力装置にはCRT、LCD、プロジェクタ等の表示装置を用いることもできる。かかる場合には、出力装置としての表示装置によって、例えば、図7等を用いて説明した画像処理を実行する画像処理プログラム（ディスプレイドライバ）が実行される。あるいは、CRT等がコンピュータの表示装置として機能する場合には、コンピュータ側にて画像処理プログラムが実行される。ただし、最終的に出力される画像データは、CMYK系色空間ではなくRGB色空間を有している。

かかる場合には、カラープリンタ20を介した印刷結果がデジタルスチルカメラ12によって生成された色彩値の色空間を反映できるのと同様にして、CRT等の表示装置における表示結果を画像ファイルによって指定することができる。したがって、画像ファイルの制御情報に、CRT等の表示装置に適したパラメータを持たせることにより、また、個々の表示装置の表示特性に最適化したパラメータを持たせることにより、デジタルスチルカメラ12によって生成された画像データ GD をより正確に表示させることができる。

以上、いくつかの実施例に基づき本発明に係る色空間変換装置を説明してきたが、上記した発明の実施の形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨並びに特許請求の範囲を

逸脱することなく、変更、改良され得ると共に、本発明にはその等価物が含まれることはもちろんである。

上記各実施例において例示した各パラメータは、あくまでも例示に過ぎず、これらのパラメータによって本願に係る発明が制限されることはない。さらに、各数式におけるマトリクス S 、 M 、 L 、 L' の値は例示に過ぎず、ターゲットとする色空間、あるいは、カラープリンタ20において利用可能な色空間等によって適宜変更され得ることはいうまでもない。

上記実施例では、画像ファイルから読み出した色空間情報を利用して、色空間変換精度の向上、並びに、白色点の整合を実施しているが、画像データを直接解析して色空間情報を取得したり、色空間情報を別に入力するようにしても良い。

上記各実施例では、画像ファイル生成装置としてデジタルスチルカメラ12を用いて説明したが、この他にもスキャナ、デジタルビデオカメラ等が用いられ得る。スキャナを用いる場合には、画像ファイルの出力制御情報の指定はコンピュータPC上で実行されても良く、あるいは、スキャナ上に情報設定用に予め設定情報が割り当てられているプリセットボタン、任意設定のための表示画面および設定用ボタンを供えておき、スキャナ単独で実行可能にしてもよい。

上記各実施例において用いた色空間はあくまでも例示であり、他の色空間を用いても構わない。いずれの場合にも、デジタルスチルカメラ12等の画像データ生成装置にて生成された画像データが、画像データ生成装置の有する色空間を反映して出力されれば良い。

上記各実施例では、画像ファイルとしてExif形式のファイルを例にとって説明したが、本発明に係る画像ファイルの形式はこれに限られない。すなわち、出力装置によって出力されるべき画像データと、デジタルスチルカメラ12等の画像データ生成装置において用いられた色空間に関する情報とが少なくとも含まれている画像ファイルであれば良い。このようなファイルであれば、画像データ生成装置において生成された画像データ（モニタ等を介して得られる画像表示）と出力装置における出力画像との出力画像の相違を低減することができるからである。

上記各実施例に係るカラープリンタ20はあくまで例示であり、その構成は各

実施例の記載内容に限定されるものではない。カラープリンタ 20 は、少なくとも、画像ファイルの付属情報、制御情報を解析して、記載、または、指定された色空間情報に応じて画像を出力（印刷）できればよい。

上記実施例では、画像データGDと制御情報とが同一の画像ファイルGFに含まれる場合を例にとりて説明したが、画像データGDと制御情報とは、必ずしも同一のファイル内に格納される必要はない。すなわち、画像データGDと制御情報とが関連付けられていれば良く、例えば、画像データGDと制御情報とを関連付ける関連付けデータを生成し、1または複数の画像データと制御情報とをそれぞれ独立したファイルに格納し、画像データGDを処理する際に関連付けられた制御情報を参照しても良い。かかる場合には、画像データと制御情報とが別ファイルに格納されているものの、制御情報を利用する画像処理の時点では、画像データおよび制御情報とが一体不可分の関係にあり、実質的に同一のファイルに格納されている場合と同様に機能するからである。すなわち、少なくとも画像処理の時点において、画像データと制御情報とが関連付けられて用いられる態様は、本実施例における画像ファイルGFに含まれる。さらに、CD-ROM、CD-R、DVD-ROM、DVD-RAM等の光ディスクメディアに格納されている動画像ファイルも含まれる。